

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2004/2005

Oktober 2004

**EEK 466 – REKABENTUK MESIN ELEKTRIK**

Masa : 3 Jam

---

**ARAHAN KEPADA CALON:-**

Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi **SEPULUH (10)** muka surat bercetak dan **ENAM (6)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **LIMA (5)** soalan.

Jawab **SEMUA** Soalan 1 dan pilih mana-mana **EMPAT (4)** soalan lain.

Pelajar dikehendaki menjawab **SATU (1)** soalan di dalam Bahasa Malaysia dan selebihnya di dalam Bahasa Inggeris.

Agihan markah diberikan di sut sebelah kanan soalan berkenaan.

1. Jawab soalan-soalan berikut:

*Answer the following:*

- (i) Berikan 3 contoh bagi setiap bahan berikut:

*Write 3 examples each for:*

- [a] Bahan-bahan Feromagnet

*Ferromagnetic materials*

- [b] Bahan-bahan penebat

*Insulating materials*

- [c] Bahan-bahan pengalir

*Conducting materials*

- (ii) Berikan suhu maksimum yang dibenarkan bagi kelas-kelas penebatan berikut

*Write the maximum permitted temperature for the insulation class*

- [a] Kelas A

*Class A*

- [b] Kelas F

*Class F*

- [c] Kelas C

*Class C*

- (iii) Tuliskan satu contoh butiran-butiran Plat Nama bagi sebuah alatubah 3-fasa.

*Write an example of Name Plate details of a 3-phase Transformer.*

- (iv) Nyatakan jenis penyejukan dalam alatubah, bagi setiap kes :

*State the type of cooling in Transformers, in each case:*

- [a] AB

- [b] OFN

- [c] OW

- (v) Kirakan pemalar masa penyejukan bagi sebuah alatubah merujuk berikut:  
*Calculate the cooling time constant of a transformer from the following data:*

Kenaikan suhu awalan  
*Initial temperature rise* = 40 °C

Kenaikan suhu selepas 2 jam  
*Temperature rise after 2 hours* = 30 °C

- (vi) Tentukan jumlah kehilangan pada kadaran masa-singkat bagi sebuah alatubah, jika kadaran masa-singkat ialah 2.5 kali ganda kadaran berterusan beban-penuh. Pada kadaran berterusan beban-penuh, kehilangan kuprum = 950 W dan kehilangan teras = 750 W.

*Determine the total losses at short-time rating of a transformer, if short-time rating is 2.5 times the full-load continuous rating. At full-load continuous rating, copper losses = 950 W and core losses = 750 W.*

- (vii) Tentukan masa pemulihan kegagalan bagi satu pengalir kuprum selepas berlakunya kegagalan menggunakan data-data berikut :  
Kehilangan kuprum = 2800 kW, kenaikan suhu = 125 ° C, berat pengalir = 2.5 kg, muatan haba spesifik bagi bahan pengalir = 420 J/ kg-° C.

*Determine the fault clearing time of a copper conductor after a fault, from the following data:*

*Copper losses = 2800 kW, temperature rise = 125 °C, weight of conductor = 2.5 kg, specific heat of the conductor material = 420 J/kg - °C.*

- (viii) Kirakan bilangan lilitan per fasa bagi sebuah motor 3-fasa, 4 kutub, 36 alur, 8 pengalir per alur.

*Calculate the turns per phase of a 3-phase, 4 poles, 36 slots, 8 conductors per slot, of a motor.*

- (ix) Tentukan faktor belitan bagi sebuah mesin segerak dua lapisan belitan jenis 3-fasa, 6 kutub, 54 alur dan mempunyai rentangan gelung 140 ° Elec.

*Determine the winding factor of a 3-phase, 6 poles, 54 slots synchronous machine double layer winding having a coil span of 140° Elec.*

- (x) Namakan jenis belitan yang digunakan di dalam

*Name the type of windings used in*

[a] Alatubah

*Transformers*

[b] Mesin-mesin pemutar

*Rotating Machines*

- (xi) Lakarkan litar magnet bagi sebuah motor tak-berberus magnet kekal dan senaraikan bahan-bahan yang digunakan dalam magnet kekal.

*Sketch the magnetic circuit of a permanent magnet brush-less motor and write the materials used for permanent magnets.*

- (xii) Tuliskan persamaan Ampere-pusingan/kutub bagi sela-udara dan namakan semua simbol serta unit yang digunakan.

*Write the expression for Ampere-turns/pole of air-gap and name all the symbols, units used.*

(100%)

2. (a) Terbitkan persamaan keluaran bagi alatubah 3-fasa jenis teras daripada asas-asasnya. Namakan semua simbol dan unit yang digunakan.

*Derive the output equation of 3-phase core type transformer from fundamentals. Name all the symbols and the units used.*

(30%)

- (b) Sebuah alatubah jenis teras sambungan delta/bintang dengan kadaran 25 kVA, 11000 V / 433 V, 50 Hz, 3-fasa mempunyai data berikut :

*A 25 kVA, 11000 V/433 V, 50 Hz, three-phase, delta/star connected core type transformer has the following data:*

Bebanan Magnet Spesifik <i>Specific Magnetic loading</i>	= 1.0 T
Bebanan Elektrik Spesifik <i>Specific Electric Loading</i>	= 2.3 A/mm <sup>2</sup>
Fluks <i>Flux</i>	= 10.135 mWb
Faktor ruang tetingkap <i>Window space factor</i>	= 0.18
Faktor ruang lengan <i>Limb space factor</i>	= 0.8
Faktor tindanan pelapisan <i>Laminations stacking factor</i>	= 0.9
Keamatan arus pada belitan voltan tinggi <i>Current density in hv winding</i>	= 2.43 A/mm <sup>2</sup>
Keamatan arus pada belitan voltan rendah <i>Current density in lv winding</i>	= 2.23 A/mm <sup>2</sup>
Pemalar bagi lebar belitan dikira, <i>Constants for computing winding widths,</i>	k1 = 0.5, k2 = 0.6
Kelegaan bagi belitan, <i>Clearance for windings,</i>	$\delta_0 = 5 \text{ mm}, \delta_{12} = 10 \text{ mm}, \delta_{ph} = 10 \text{ mm}$

- [i] Tentukan dimensi-dimensi utama.  
*Determine the main dimensions.* (45%)
- [ii] Kirakan lilitan voltan tinggi dan voltan rendah, dan dimensi-dimensi pengalir.  
*Calculate hv and lv turns, conductor dimensions.* (15%)
- [iii] Lukis satu teras 3-fasa dengan menunjukkan dimensi-dimensi utama.  
*Draw a sketch of 3-phase core showing main dimensions.* (10%)

3. (a) Kehilangan beban-penuh bagi sebuah alatubah 16 MVA pada kadaran beban adalah :  
Kehilangan besi = 82 kW, kehilangan kuprum = 134 kW. Alatubah iri beroperasi pada  $\frac{3}{4}$  beban-penuh dan faktor kuasa 0.9 dengan mengambil kira ukuran-ukuran berikut :

*The full-load losses of a 16 MVA transformer at rated load are:  
Iron losses = 82 kW, Copper loss = 134 kW. The transformer is operating at  $\frac{3}{4}$  full-load and 0.9 power factor and following measurements are taken:*

Suhu udara masukan <i>Intake air temperature</i>	= 22 °C
Suhu udara keluaran <i>Outlet air temperature</i>	= 40 °C
Bacaan merkuri Barometrik <i>Barometric reading of mercury</i>	= 765 mm

Tentukan  
*Determine:*

- [i] Kehilangan yang dilesapkan.  
*The losses to be dissipated.* (5%)
- [ii] Kecekapan alatubah tersebut pada keadaan pengoperasian.  
*Efficiency of the transformer at the operating conditions.* (5%)

- [iii] Bilangan udara penyejukan yang diperlukan.

*The amount of cooling air required.* (30%)

- [iv] Bilangan air penyejukan diperlukan untuk menyejukkan udara, dengan anggapan kenaikan suhu air adalah  $8^{\circ}\text{C}$  dan muatan haba spesifik air adalah  $4.18 \times 10^3 \text{ J/Kg-}^{\circ}\text{C}$ .

*The amount of cooling water required to cool the air, assuming the temperature rise of water to be  $8^{\circ}\text{C}$  and specific heat of water =  $4.18 \times 10^3 \text{ J/kg-}^{\circ}\text{C}$ .*

(20%)

- (b) Sebuah alatubah mempunyai kenaikan suhu sebanyak  $20^{\circ}\text{C}$  selepas satu jam dan  $32^{\circ}\text{C}$  selepas dua jam apabila beroperasi pada beban-penuh berterusan. Kehilangan kuprum beban-penuh = 2 x kehilangan besi. Kadaran masa singkat bagi alatubah ialah 2 kali ganda kadaran berterusan. Tentukan pemalar masa pemanasan dan masa bagi kadaran masa singkat.

*A transformer gave a temperature rise of  $20^{\circ}\text{C}$  after one hour and  $32^{\circ}\text{C}$  after two hours on continuous full-load rating. The full-load copper loss = 2 x iron loss. The short time rating of the transformer is 2 times the continuous rating. Determine the heating time constant and the time for short time rating.*

(40%)

4. (a) Satu belitan tindih dwi-lapis 2-kutub, 3-fasa, 24 alur dengan gegelung pic-penuh direkabentuk untuk pemegun bagi sebuah motor tak-berberus 3-fasa :

*A 2-pole, 3-phase, 24 slots double-layer lap winding with full-pitch coils is to be designed for the stator of a 3-phase brush-less motor:*

- [i] Berikan jadual belitan untuk 3-fasa.

*Give the winding table for 3-phases.* (10%)

- [ii] Lukis dengan kemas gambarajah belitan terbina dan tunjukkan fasa-fasa menggunakan warna-warna yang berlainan.

*Draw a neat developed winding diagram and show the phases with different colors.* (65%)

- [iii] Lukis gambarajah fasor bagi arus-arus dan tandakan arah-arahnya untuk satu sela masa tertentu.

*Draw the phasor diagram of currents and mark the direction of currents for one instant of time.* (10%)

- [iv] Tunjukkan sambungan bagi setiap belitan fasa dan sambungan bintang akhir bagi fasa-fasa.

*Show the connection of each phase winding and final star connection of the phases.* (5%)

- (b) Tentukan faktor pengagihan bagi belitan di soalan (a).

*Determine the distribution factor of the winding in (a).* (10%)

5. (a) Terbitkan persamaan pekali keluaran sebuah motor magnet kekal tak berberus. Namakan semua simbol-simbol dan unit yang digunakan.

*Derive the expression of output coefficient of a brush-less permanent magnet motor. Name all the symbols and units used.* (30%)

- (b) Sebuah motor tak-berberus magnet kekal sambungan bintang mempunyai kadaran 120 VA, 40 V, 3-fasa, 2-kutub, 7500 rpm perlu direkabentuk menggunakan data-data berikut :

*A 120 VA, 40 V, 3-phase, 2 pole, 7500 rpm star connected permanent magnet brush-less motor is to be designed from the following data:*



Keamatan fluks dalam teras  
*Flux density in core* = 0.32 T

Ampere-pengalir/m  
*Ampere-conductors / m* = 6000

Faktor belitan  
*Winding factor* = 0.965

Nisbah panjang teras kepada kutub-pic  
*Ratio of core length to pole-pitch* = 0.6

Anggapkan data-data lain yang sesuai jika diperlukan.  
*Assume any other suitable data necessary.*

Tentukan:

*Determine:*

- |       |  |       |
|-------|--|-------|
| [i]   | Dimensi-dimensi utama<br><i>Main dimensions</i>                                    | (30%) |
| [ii]  | Bilangan alur<br><i>Number of slots</i>  | (10%) |
| [iii] | Pic alur<br><i>Slot pitch</i>  | (10%) |
| [iv]  | Fluks per kutub dan bilangan lilitan.<br><i>Flux per pole and number of turns.</i> | (20%) |

6. (a) Terbitkan persamaan-persamaan bagi faktor pengagihan dan faktor rentangan gelung bagi belitan tindanan jarak benang berperingkat dwi-lapis.

*Derive the expressions for distribution factor and coil span factor of a double layer fractional pitch lap winding.*

(25%)

- (b) Sebuah motor tak-berberus magnet kekal sambungan bintang dengan kadaran 75 A, 42 V, 3-fasa, 2 kutub, 9000 rpm mempunyai garis pusat luaran pemegun 20 mm dan panjang teras ialah 30 mm. Ketumpatan fluks seludara ialah 0.6 T dan ketumpatan arus ialah 4.0 A/mm<sup>2</sup>.  
Anggapkan data-data lain yang sesuai jika diperlukan.

*A 75 VA, 42 V, 3-phase, 2-pole, 9000 r.p.m., star connected permanent magnet brush-less motor has a stator outside diameter of 20 mm and a core length of 30 mm. The air-gap flux density is 0.6 T and the current density is 4.0 A/mm<sup>2</sup>.*

*Assume any other suitable data.*

- [i] Tentukan fluks per kutub.  
*Determine the flux per pole.* (10%)
- [ii] Kirakan bagi pemegun, nilai sesuai bagi  
*Calculate for the stator, a suitable*
- (1) Bilangan alur  
*Number of slots*
  - (2) Pengalir/alur  
*Conductors/slot*
  - (3) Lilitan per fasa  
*Turns per phase*
  - (4) Pic alur  
*Slot pitch*
  - (5) Luas keratan rentas dan garis pusat pengalir.  
*Area of cross-section and diameter of the conductor.* (50%)
- [iii] Cadangkan belitan yang sesuai dan berikan jadual belitan tersebut.  
*Suggest a suitable winding and give the winding table.* (15%)